

大型饼类锻件锻造工艺方案的研制

太原重工大锻件分公司 (山西 030024) 付兴 徐宝贵 张英云 吕晓春

由于多种因素影响,大型锻件用钢锭不可避免地存在着各种类型的夹杂物。对于外来夹杂物,尽可能采取有效措施防止其进入钢中。对于内生夹杂物,因其为钢的组成部分,虽然其数量、大小、形状、分布及组成等都可以得到改善,但不可能完全避免,从而导致了锻造过程中产生夹杂性裂纹缺陷的可能。在以 20MnMo 为常用材料的管板锻件和 5CrMnMo 为常用材料的模块锻件中,最主要的非金属夹杂为硫化物(以 MnS 为代表)、铝酸盐类(以铝酸钙为代表)及硅酸盐类(以锰铝硅酸盐为代表)等塑性夹杂物,热锻裂纹主要产生于这些塑性夹杂物附近(硬性夹杂性裂纹产生的原因是夹杂与基体在变形过程中,由于变形能力不同致使界面脱开,并扩展成裂纹。但由于夹杂和裂纹尺寸较小,一般不会引起超声波检测超标)。采用常规锻造方案生产饼、块类锻件时,锻件心部的金属流动较周围剧烈,产生片状夹杂的可能性增大,裂纹聚合更加容易,因而产生的缺陷也更多、尺寸更大。为此,在设计锻造方案时应以避免锻件内部产生夹杂性裂纹缺陷为主要出发点,同时兼顾孔洞、疏松等钢锭内部缺陷的压实效果。

1. 20MnMo 管板的解剖分析

锻件交货尺寸为 $\phi 1820\text{mm} \times 560\text{mm}$, 钢锭重量 18t。钢锭采用 EBT (偏心底电炉) + LF (精炼) + VD (真空除气) 冶炼;锻造采用常用的两锻一拔工艺生产。超声波无损检测结果为分析原因并为后续类似产品的工艺制定提供参考,特对此进行分析:

超声波检测结果为:如图 1 所示,在锻件心部深

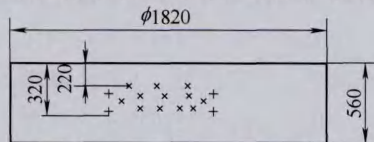


图 1

度为 220~320mm 内,存在 $\phi 4\text{mm}$ 密集缺陷,单个缺陷最大 $\phi 7\text{mm}$, F (缺陷波) $> B$ (底波)。

对缺陷部位取一垂直于轴线切片,对其切片进行分析如图 2、图 3 所示。通过图 2、图 3 低倍照片发现长 6~7mm 裂纹,对其进一步仅作电镜分析(见图 4~图 7)发现在裂纹边缘有明显的纤维状白色带状夹杂,对其纤维状白色带状夹杂进一步做能谱分析,能谱(见图 8)显示 S 及 Mn 的含量极高,确定此夹杂为 MnS 夹杂。



图 2



图 3

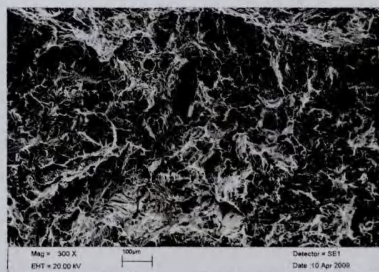


图 4

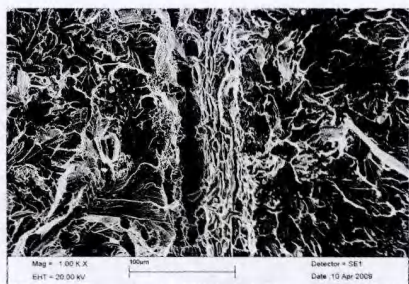


图 5

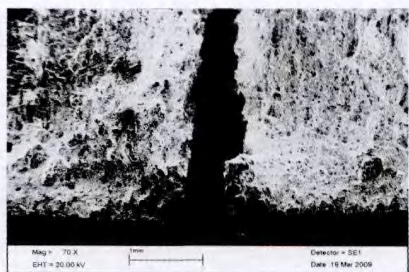


图 6

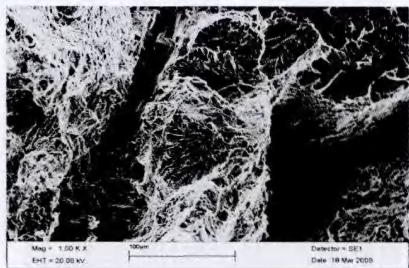


图 7

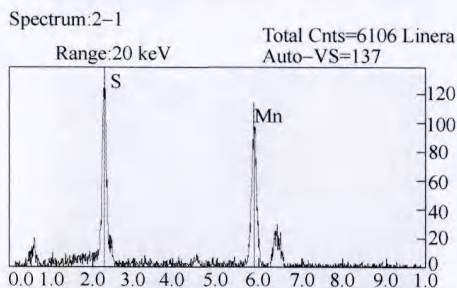


图 8

上述检测结果可以判定, 此缺陷类型为 MnS 塑性夹杂引起的夹杂性裂纹。

2. 锥形板镦粗机理分析

锥形板镦粗首先是以中心锥尖与圆坯端面接触, 随着压下量增大, 接触锥面逐渐扩大, 相应的镦粗变性区也由内而外逐步扩大, 在端面还没有与锥形板接触的外围, 并未开始镦粗变形, 而是在内部镦粗金属的胀挤下, 沿径向外流。因此, 可将整个圆坯分成两区, 外区相当于受内压的厚壁筒, 内区则

相当于在很高的侧压力作用下的镦粗, 所以坯料心部的金属受三向压应力, 心部金属流动较周围缓慢, 产生片状夹杂的可能性很小, 因而可有效地避免锻件内部的夹杂性裂纹缺陷。

3. 饼类锻件锥形板镦粗锻造工艺方案

大型 ($\geq \phi 1800\text{mm}$) 饼类锻件控制夹杂性裂纹缺陷的锻造工艺方案中主要控制参数的选择及应注意的问题如下。

(1) 各火次主要尺寸的确定。①第三火锥形板镦后高度 $H_1 = 1.2H$, H 为锻件成品高度。②第二火镦粗变形率控制在 50% 左右, 既能保证坯料心部孔洞的锻合至焊合, 又能避免心部夹杂物成为薄片状而成为锻造裂纹的风险。

(2) 第二火采用凹形砧镦粗, 可以加大锻件心部的静水压力, 减少锻件心部过大的不均匀变形。

(3) 第三火采用上下锥形板镦粗 (镦粗时上下锥形板中心线尽量保持在同一直线上, 以防在镦粗过程因中心错移而产生内部裂纹), 目的是减小锻件内部刚性区域的作用, 促使整个锻件内部变形均匀化, 并且使坯料心部金属受三向压应力, 心部金属流动较周围缓慢, 产生片状夹杂的可能性减小, 从而有效避免锻件内部夹杂性裂纹缺陷。

4. 应用实例及效果

按上述工艺制订原则及方法, 用现有 45MN 水压机生产材质为 20MnMo、规格为 $\phi 1820\text{mm} \times 545\text{mm}$ 的管板 21 件, 经超声波检测, 结果完全符合用户的技术要求。

实际生产应用进一步证明了该工艺方案的可行性, 大幅提高了饼类锻件的成品率, 为企业带来可观的经济效益。

5. 结语

合理控制钢锭镦粗时的变形量, 既能保证钢锭心部孔洞类缺陷完全被锻合, 又能控制夹杂物的形貌, 减少夹杂性裂纹的产生。

采用锥形板镦粗来控制大型饼类锻件夹杂性缺陷锻造工艺的技术特点为: ①减小锻件内部刚性区域的作用, 促使整个锻件内部变形均匀化。②使坯料心部的金属受三向压应力, 心部金属流动较周围缓慢, 产生片状夹杂的可能性减小, 可有效地避免锻件内部的夹杂性裂纹缺陷。 MW (20140416)